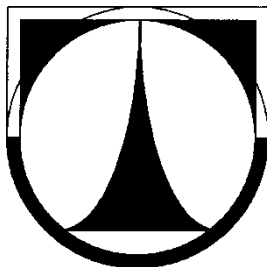


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra vozidel a motorů



Měření úhlu směrového natočení kola

Measurement of directional wheels angle

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

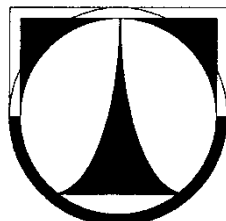
Jan Pelda

Leden 2011

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra vozidel a motorů



Obor - BC2341 Strojírenství

Zaměření - 2301R022 stroje a zařízení

Dopravní stroje a zařízení

Měření úhlu směrového natočení kola

Measurement of directional wheels angle

Bakalářská práce

KVM – BP – 211

Jan Pelda

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Robert Voženílek, TU v Liberci, KVM

Konzultant bakalářské práce: Ing. Pavel Brabec, Ph.D., TU v Liberci, KVM

Počet stran: 37

Počet obrázků: 33

Počet příloh: 0

Počet výkresů: 3

Leden 2011

Místo pro vložení originálního zadání DP (BP)

Měření úhlu směrového natočení kola

Anotace

Bakalářská práce se zabývá rozbořem metod a zařízení pro měření směrového natočení kol přední nápravy vozidla. První část se věnuje typům statických měření nejčastěji prováděných v servisech při kontrole geometrie kola, u kterých se vozidlo zpravidla nepohybuje. Dále popisuje dynamický způsob měření natočení kol za jízdy vozidla. Součástí dynamického měření je návrh konstrukce nesoucí měřící zařízení na skutečném vozidle a kompletní rozbor zvolených profilů a součástí.

Klíčová slova: měření úhlu, směrové řízení vozidla, konstrukce

Measurement of directional wheels angle

Annotation

The bachelor thesis deals with analysis methods for measuring directional steering of the wheels from the front axle of the vehicle. The first part is about the types of static measurements which are most often maintained in the services during the control of the wheel geometric deviations, by which the vehicle usually does not move. It also describes a dynamic method of measuring the rotation of the wheels during the vehicle ride. Design of the construction which is holding the measuring devices on the real vehicle and complete analysis of selected profiles and components are included in the dynamic measurement.

Key words: angle measurements, directional driving, construction

Desetinné třídění:

Zpracovatel:

TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra vozidel a motorů

Dokončeno :

2011

Archivní označení zprávy:

Prohlášení k využívání výsledků bakalářské práce

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V dne

.....

podpis

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Robertu Voženílkovi za odborné vedení a příjemnou spolupráci během celé práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Pavlu Brabci, Ph.D., za cenné rady. Také bych chtěl katedře vozidel a motorů za poskytnutí výpočetní techniky s potřebným softwarem.

Seznam symbolů a jednotek

A	vzdálenost senzorů od sebe v ose y	[mm]
B	vzdálenost senzorů od sebe v ose x	[mm]
E	modul pružnosti v tahu	[N/mm ²]
F	síla	[N]
g	gravitační zrychlení Země	[m/s ²]
J	kvadratický moment průřezu	[mm ⁴]
l	vzdálenost	[mm]
m	hmotnost	[kg]
m _x	hmotnost na metr délky	[kg/m]
S ₁	naměřená vzdálenost senzoru 1	[mm]
S ₂	naměřená vzdálenost senzoru 2	[mm]
S ₃	naměřená vzdálenost senzoru 3	[mm]
α	úhel natočení kola kolem osy x	[°]
β ₁	úhel příklonu rejdového čepu	[°]
β	úhel natočení kola kolem osy y	[°]
γ	úhel záklonu rejdového čepu	[°]
ε	úhel odklonu kola	[°]

KVM Katedra vozidel a motorů

CCD elektronická součástka pro snímání obrazové informace

Obsah

1	ÚVOD.....	9
2	ZÁKLADNÍ GEOMETRIE ŘÍZENÉHO KOLA.....	10
2.1	Odklon kola	10
2.2	Sbíhavost kol A-B	11
2.3	Příklon rejdrového čepu	11
2.4	Záklon rejdrového čepu.....	12
3	STATICKE MĚŘENÍ GEOMETRIE KOL.....	13
3.1	Mechanická měřidla	13
3.2	Průjezdna měřidla	15
3.3	Optická měřidla s přímou projekcí	15
3.4	Optická měřidla s nepřímou projekcí	17
3.5	Elektronická měřidla.....	18
3.6	Kombinovaná měřidla	20
3.7	Bezdotyková měřidla.....	21
4	DYNAMICKÉ MĚŘENÍ GEOMETRIE KOL.....	24
4.1	Driveability Testing Alliance	24
4.2	Návrh konstrukce měřicího zařízení pro účely KVM.....	26
4.2.1	Volba měřicího zařízení.....	26
4.2.2	Výpočet natočení kola	27
4.2.3	Konstrukce nosného rámu pro měřicí zařízení	29
4.2.4	Maximální rozsahy připevnění.....	30
4.2.5	Rozměry vozidla Škoda Fabia.....	31
4.2.6	Výpočet ohybu hlavních nosných profilů	31
4.2.7	Vyráběné díly	33
4.2.8	Použité spojovací díly.....	34
4.2.9	Volba přísavek.....	35
5	ZÁVĚR	36
	Seznam použité literatury.....	37

1 ÚVOD

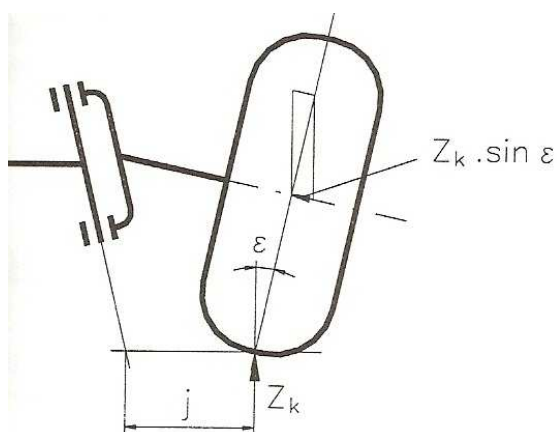
Dnešní moderní automobily jsou vybavené mnoha elektronickými systémy (ESP, ABS, ASR, atd.), které zlepšují ovládání vozidla v krizových situacích a hlavně jeho bezpečnost. Proto je čím dál více kladen důraz na přesné postavení kola vůči vozovce. Správné nastavení sbíhavosti, odklonu kola, příklonu rejdového čepu a jiných parametrů zlepšuje ovladatelnost a bezpečnost vozidla a také snižuje spotřebu paliva a opotřebení pneumatik. Proto je doporučeno od výrobců vozidel navštěvovat pravidelně servis, kde dojde k přeměření a popřípadě nastavení správných hodnot geometrie kol. Stejně rychle jak se vyvíjejí automobily, se i vyvíjí měřicí mechanismy, které usnadňují servisním technikům práci a hlavně zkracují potřebný čas na kontrolu a seřízení postavení kol vůči vozovce.

Práce je členěna do několika částí. V první části jsou vysvětleny základní pojmy z geometrie řízených kol. V další části se práce věnuje typům metod k měření geometrie používaných v servisech a na stanicích technické kontroly. Nejdůležitější částí bakalářské práce je návrh vlastní koncepce měřicího zařízení upevněného na vozidle pro měření natočení kol za jízdy.

2 ZÁKLADNÍ GEOMETRIE ŘÍZENÉHO KOLA

2.1 Odklon kola

Odklon kola je v obrázku 1 označen ε a jeho účelem je trvale zatížit axiální složkou radiální síly $Z_k \cdot \sin \varepsilon$ ložisko a tím vymezit možné vůle v uložení a zamezit axiálnímu rozkmitání kol. Odklonem se dále zmenší poloměr rejdu j , čímž se sníží síly potřebné k ovládání řízení vozidla. U osobních automobilů jsou hodnoty v rozmezí 0 až 3°. U traktorů a pracovních strojů kolem 10°. U závodních a velmi rychlých vozidel se používají i záporné hodnoty ε , které sice zhorší ovládání vozidla, alelepší jeho stabilitu.



Obr. 1: Odklon kola

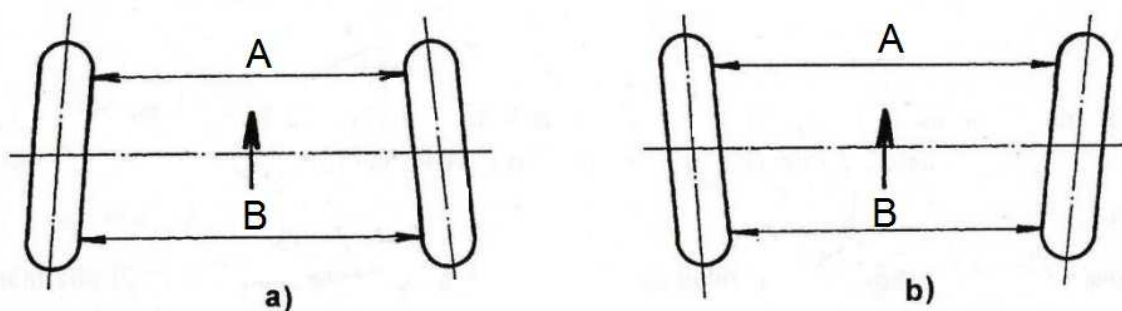
(Zdroj: Prof. Ing. Stanislav Beroun a Ing. Celestýn Scholz, Ph.D. :Základy teorie vozidel a pístových spalovacích motorů)

2.2 Sbíhavost kol A-B

Nejčastěji se udává jako rozdíl vzdáleností A a B, které se měří ve středu kola. Jestliže je A větší jak B jedná se o rozbíhavost, kterou mívají většinou vozidla s poháněnou přední nápravou. Při jízdě vzniká síla, která se snaží narovnat kola do přímého směru, tím se vymezení vůle v čepích řízení a zamezí se rozkmitání kol při vyšších rychlostech. Správně nastavená sbíhavost omezuje opotřebení pneumatik a napomáhá k udržení přímého směru. U osobních automobilů bývá v rozmezí 0 až 3mm. U nákladních automobilů a zemědělských strojů 3 až 10mm. Novější přístroje měří sbíhavost v úhlových mírách (stupně a minuty), výpočet sbíhavosti se provádí podle vzorce:

$$\alpha = \arcsin \frac{|B - A|}{d}$$

Kde čísel B-A je sbíhavost v mm a d je průměr na vnějším okraji ráfku v místě měření (místo určeno výrobcem).

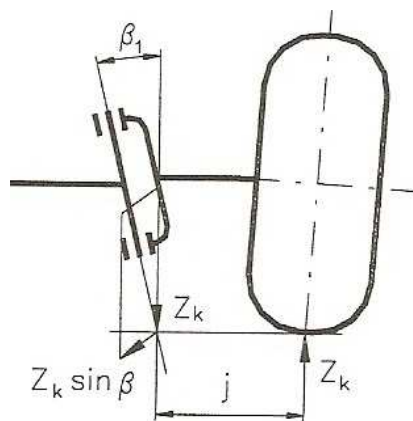


Obr. 2: a) sbíhavost kol, b) rozbíhavost kol

(Zdroj: Jan Pelda)

2.3 Příklon rejdového čepu

Příklon rejdového kola se značí β_1 na obrázku 3 a je skloněn na opačnou stranu než odklon kola. Příklon společně s odklonem kola kladně působí na udržení přímého směru jízdy. Při natočení kola o úhel ψ vzniká stabilizační moment, který se snaží vrátit kola do původní polohy po projetí zatáčkou: $M_{st} = Z_k \cdot \sin \beta \cdot r \cdot \sin \psi$. Příklon zmenší velikost poloměru rejdu j a tím usnadní ovládání vozidla. U osobních automobilů bývá v rozmezí 3° až 8° i více.

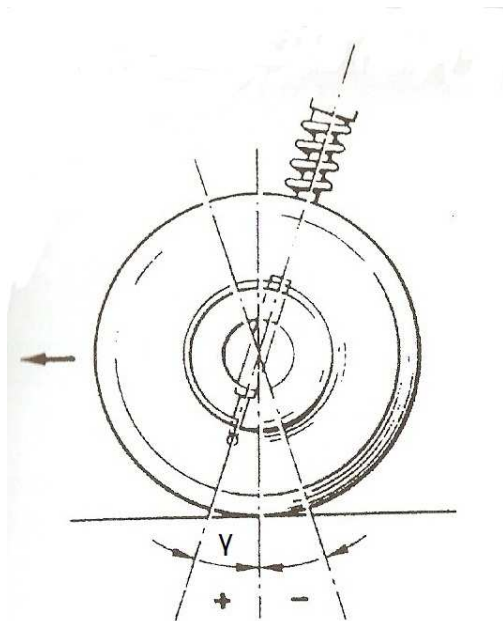


Obr. 3: Příklon rejdového čepu

(Zdroj: Prof. Ing. Stanislav Beroun a Ing. Celestýn Scholz, Ph.D. :Základy teorie vozidel a pístových spalovacích motorů)

2.4 Záklon rejdového čepu

Záklon rejdového čepu je na obrázku 4 označen γ a používá se jen u vozidel s náhonem na zadní nápravu. Bývá v rozmezí 0° až 5° , ale výjimečně může být i záporný. Záklon čepu přispívá ke směrové stabilitě a vymezuje vůle v kloubech spojovací tyče.



obr. 4: Záklon rejdového čepu

(Zdroj: František Vlček: Zkoušení a diagnostika motorových vozidel)

3 STATICKÉ MĚŘENÍ GEOMETRIE KOL

Měření se provádí zpravidla u nepohybujících se vozidel. Nejčastěji se v servisech měří geometrie nápravy – sbíhavost kol, odklon kola, příklon a záklon rejdového čepu a jiné úhly, které některé automobilky u svých nových vozů požadují. Před zahájením měření se musí provést tyto předepsané kroky:

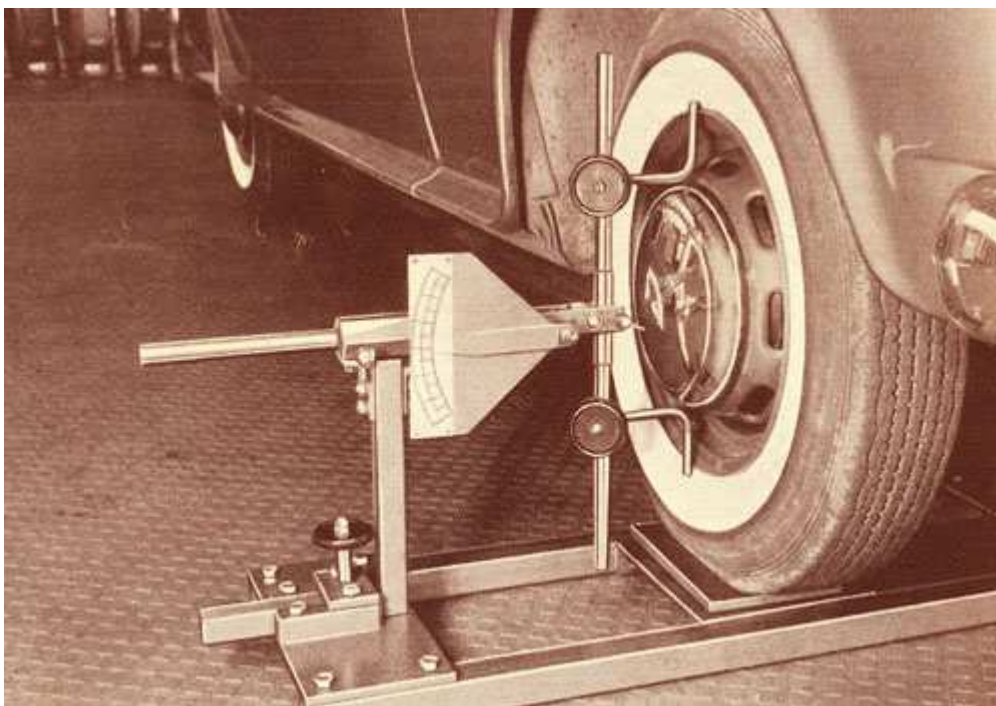
- dohustit pneumatiky na předepsaný tlak a vizuálně zkontrolovat jejich stav
- zkontrolovat stav disků kol, řídicího ústrojí a zavěšení kol
- zjistit stav odpružení a tlumičů
- axiální a radiální házivost kol
- vůle v řídicím ústrojí a uložení kol

Ke kontrole a měření jednotlivých parametrů geometrie podvozku se používají různé přístroje a zařízení rozdělené podle principu snímání měřené hodnoty.

3.1 *Mechanická měřidla*

Jsou to nejstarší používaná měřidla. Patří sem různé tyče a obkročná měřidla, která mají vestavěná posuvná měřítka. Dále délkoměry, úhloměry, úchylkoměry a vodováhy. Délky a úhly se měří přímou metodou na kolech vozidla.

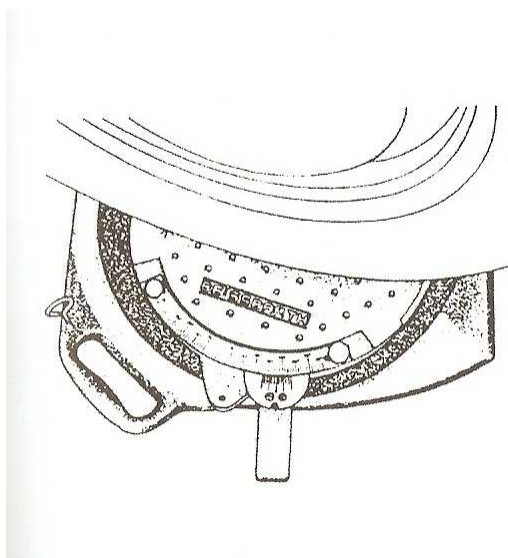
Mezi nejznámější mechanická měřidla patří zařízení KOCH NC-27 (obr. 5) vyvinuté v roce 1952 Harro Kochem v Německu. Tohoto zařízení bylo vyrobeno více než 30 000 kusů a výroba byla ukončena až v roce 2005. Zařízení má dva samostatné měřicí mechanismy, zvláště pro každé kolo téže nápravy, spojené masivní trubkou, na které jsou ještě připevněny otočné desky, které se umístí pod řiditelná kola. Vše je možné nastavit tak, aby šlo měřit různé průměry kola a rozchod kol. Měřicí mechanismus KOCH NC-27 je otočný úhloměr kolem horizontální osy, vybavený dvěma vodováhami sloužící k přesnému nastavení horizontální nebo vertikální polohy. Rozlišení tohoto úhloměru je 0,25' a maximální hodnoty +/- 25°. Mezi výhody patří rychlé a snadné měření a nízká pořizovací cena. Nevýhodnou je dnes již zastaralá a nepřesná metoda.



Obr. 5: Mechanické zařízení KOCH NC-27 na měření geometrie kol

(Zdroj: <http://www.kochachsmessanlagen.de>)

Mezi mechanické zařízení je možné zařadit otočné plošiny, které se používají k měření úhlu rejdu pravého a levého kola při natáčení volantu, obr. 6.

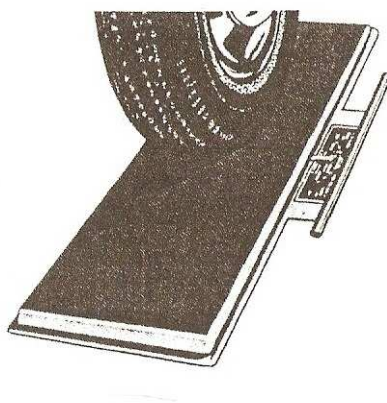


Obr. 6: Otočná plošina s úhlovou stupnicí

(Zdroj: František Vlk: Zkoušení a diagnostika motorových vozidel)

3.2 Průjezdná měřidla

Dnes se k orientačnímu měření sbíhavosti používají měřící plošiny znázorněné na obrázku 7. Principem měření je nájezd na volně uloženou plošinu, která se vlivem sbíhavosti bočně posune. Takto změřená sbíhavost má rozměr m/km. Měření není příliš přesné, ale za to velmi rychlé.

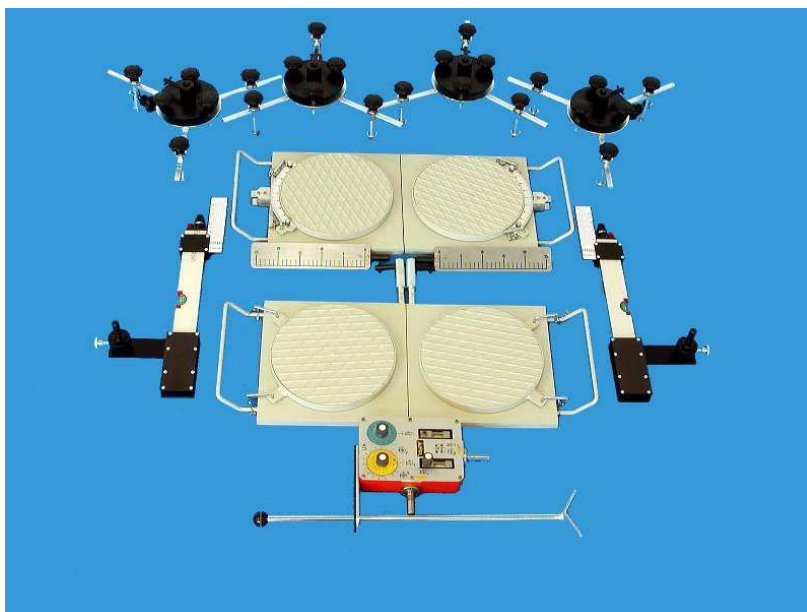


Obr. 7 Nájezdná plošina pro základní kontrolu sbíhavosti
(Zdroj: František Vlček: Zkoušení a diagnostika motorových vozidel)

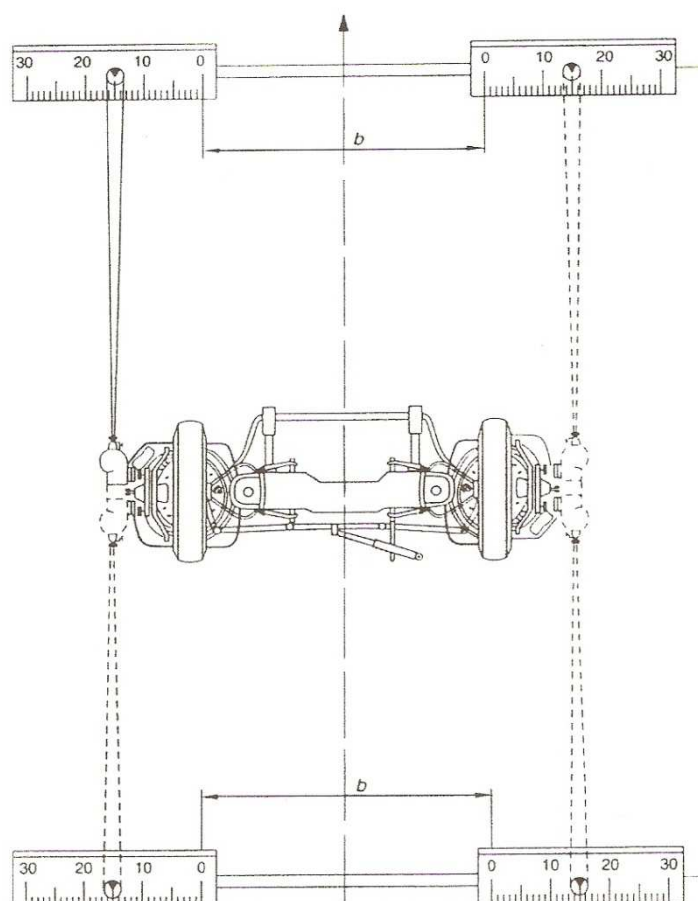
3.3 Optická měřidla s přímou projekcí

Základním měřicím prvkem je zde zdroj světelného paprsku, který je připevněn na kolech tak, aby ležel rovnoběžně s rovinou souměrnosti kola. Projekční plochy se stupnicemi, na kterých se odečítají měřené hodnoty, jsou umístěny buď na další nápravě, nebo mimo vozidlo (obr. 9). Do této skupiny patří například zařízení UNI-LUX dánské firmy HPA nebo výrobky české firmy Motex.

Optické zařízení pro měření geometrie kol Motex 7610 (obr. 8) se skládá z laserové projekce a libelové vychylovací soustavy. Lze s ním měřit kompletní geometrie kol osobních a dodávkových automobilů. Pro nákladní automobily se používá Motex 7640. Měření lze provádět na podlaze (nad jámou) i na zvedáku.

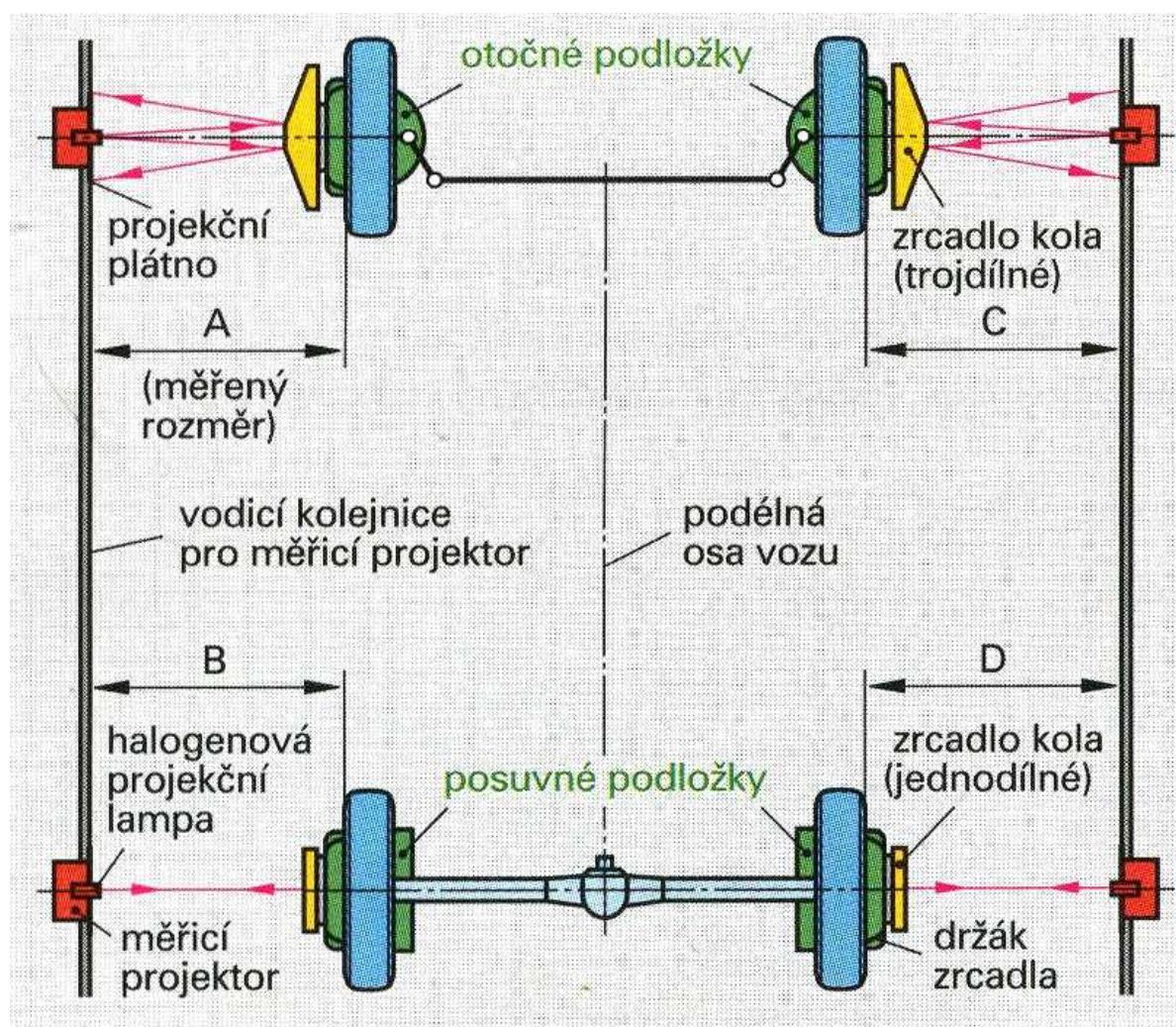


Obr. 8: Základní díly zařízení Montex 7610 pro optické měření geometrie kol
(Zdroj: <http://www.volny.cz/motex/vyrobkyo.htm>)



Obr. 9: Princip optického měření s přímou projekcí
(Zdroj: František Vlk: Zkoušení a diagnostika motorových vozidel)

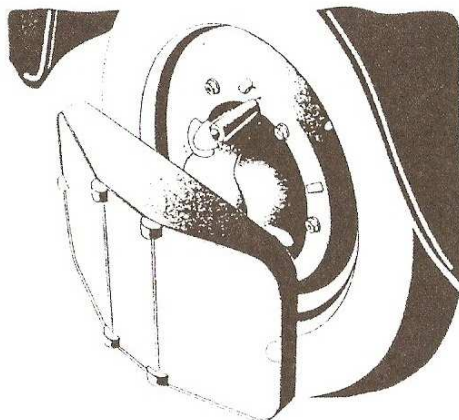
3.4 Optická měřidla s nepřímou projekcí



Obr. 10: Systém optického měření s nepřímou projekcí

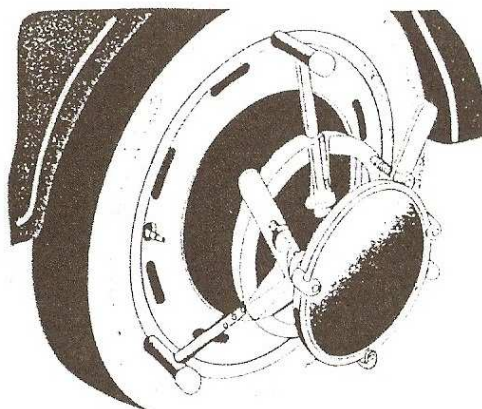
(Zdroj: <http://www.stredniskolarymarov.cz>)

Na měřená kola vozu se umístí držáky se zrcadly. Na říditelné přední nápravě mají zrcadla tři odrazové plochy, jednu kolmou k ose rotace kola a dvě skloněné pod úhlem $\pm 20^\circ$, jak lze vidět na obrázku 11. Zrcadla upevněná na neříditelné nápravě mají jen jednu plochu, kolmou k ose rotace kola, obrázek 12. Zrcadla jsou v držáku volně otočná a musí být dobře vyvážena, aby se udržela v horizontální poloze. Projektory (zdroje světla) jsou umístěny na deskách mimo vozidlo, které jsou výškově i podélně stavitelné kvůli měření různě velkých průměrů kol a rozvorů. Všechny čtyři projektory musejí být ve stejné horizontální rovině, povolená tolerance se pohybuje v desetinách mm. U zdrojů světla jsou většinou umístěné desky se stupnicí, na které se odečítají naměřené úhly.



Obr. 11: Držák zrcadla na předním kole

(Zdroj: František Vlk: Zkoušení a diagnostika motorových vozidel)



Obr. 12: Držák zrcadla na zadním kole

(Zdroj: František Vlk: Zkoušení a diagnostika motorových vozidel)

3.5 Elektronická měřidla

Dnes nejrozšířenější typ měřidel s velmi velkou přesností a možností měřit najedou veškeré geometrické odchylky podvozku. Výchozím bodem měření je zpravidla levé přední kolo, k jeho poloze se vztahuje poloha ostatních kol a náprav. Měření obstarávají měřicí hlavy, připevněné ke kolům vozidla. Levnější varianta je pouze se dvěma měřicími hlavami, se kterou se dá v jeden okamžik měřit pouze jedna náprava, a pokud chceme měřit zadní nápravu, musíme přední nápravu nastavit a zajistit na jízdu přímo a přemístit z předního levého kola měřicí hlavu na zadní pravé a analogicky u druhé měřicí hlavy. Toto nám však způsobí komplikace

při kompenzaci házivosti a odečítání naměřených hodnot, všechno s výjimkou odklonů kol je opačně. Hlavně z tohoto důvodu má většina servisů variantu se čtyřmi měřicími hlavami. Zařízení lze pořídit v provedení kabelovém, nebo bezdrátovém (světelném). Na trhu je mnoho typů od různých firem, lišící se hlavně cenou a přesností měření.

U většiny těchto zařízení se používají elektronicky otočné desky, které při otáčením volantu z jedné krajní polohy do druhé zaznamenají naměřené hodnoty vždy ve 20° a připojený počítač okamžitě vypočítá příklon a záklon čepu. Hlavní výhodou elektronického měření je připojený monitor, který ukazuje zvolené tolerance měřících parametrů i při seřizování. Pomocí připojené tiskárny lze vytisknout protokol o provedeném měření a seřízení.

Jedním z prvních elektronických měřidel je systém SUN SAC 1500 vyrobený americkou firmou Sun Alignment Centre (SUN). Systém má dnes již zastaralý PC IBM s 42 MB harddiskem, na kterém jsou uloženy údaje potřebné k měření a seřizování 2000 typů vozidel a 14" barevný monitor. Součástí je i tiskárna formátu A4. O měření se starají čtyři měřicí hlavy s gravitačním optoelektronickým polohovým snímačem o rozlišení 0,5 úhlové sekundy. K zařízení se dodává spousta přídatných komponentů, mezi které patří: elektronicky otočné desky pod obě nápravy, samostředící rychloupínací držáky pro snímací hlavy, počítač s monitorem v pojízdném stojanu, dálkové ovládání, přípravek na zajištění polohy volantu a pedálu brzdy a přípravek pro odtlačení kol. V nejluxusnějším provedení má 8 CCD kamer a spojení všech snímačů s řídicí jednotkou (PC) je bezdrátové.

Podstatně modernější je systém Beissbarth Microline 1800 (obr. 13) od německých výrobců. Hlavním rozdílem je modernější PC s databází až 12 000 typů vozidel. Přístroj umí měřit až 18 parametrů geometrie. Disponuje vlastní kalibrací (obr. 14). Na 17" barevném display ukazuje „živě“ naměřené hodnoty obr. 14 a postup jakým má mechanik případné nežádané odchylky seřídít. Technická vybavenost je kompletně bezdrátová s infračerveným přenosem dat mezi snímači a počítačem. 8 CCD měřících kamer (na každém kole dvě).



Obr. 13: Zařízení Beissbarth Microline 1800

(Zdroj: <http://www.beissbarth.com>)



Obr. 14: Zobrazení aktuálních měřených hodnot a povolených úchylek na monitoru

(Zdroj: <http://www.beissbarth.com>)

3.6 Kombinovaná měřidla

Patří sem kombinace výše zmíněných měřidel. Nejčastěji v kombinaci mechanicko-optické, nebo opticko-elektrické.

3.7 Bezdotyková měřidla

Jedná se o nejnovější techniku měření podvozku, která byla poprvé představena firmou BOSH na veletrhu Automechanika 2004. Firma BOSH se spoluprací s automobilkou BMW vyvinula zařízení, kterému dala název Lusch (obr. 15).

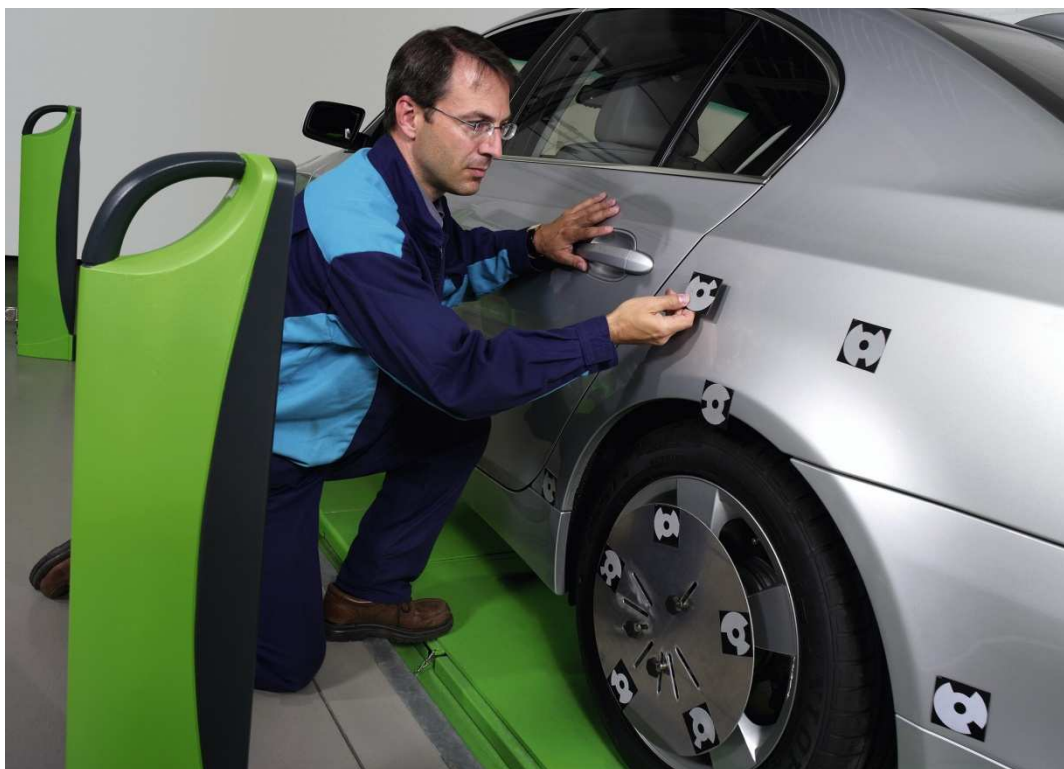


Obr. 15: Bezdotykový systém Lusch od firmy BOSH

(Zdroj: <http://www.bosch.cz>)

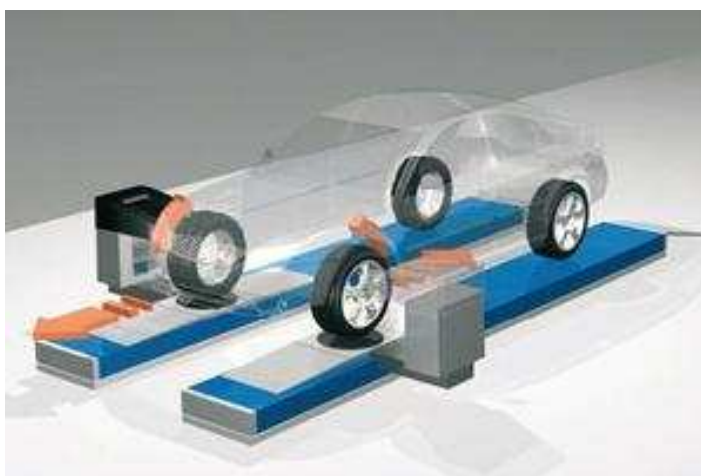
Měření lze provádět klasicky na zvedáku s otočnými deskami, nebo pouze projetím vozu kolem měřícího zařízení. Před zahájením měření se na vozidlo nejprve musejí rozmístit na zvolených místech karoserie měřící značky, kterých je celkem 20. Značky jsou magnetické a zároveň samolepící (v případě uchycení na hliníkovou karoserii). Na každé kolo se pak umístí magnetický kruhový adaptér, jenž je vybaven dalšími pěti měřícími značkami. Rozmístění lze vidět na obrázku 16. O snímání se starají čtyři volně přemístitelné sloupky, umístěné kolem vozidla. Uvnitř sloupku jsou dvě kamery, kolem kterých je kruhové signální LED světlo. Na dotekovém monitoru se zobrazují okamžité měřené hodnoty i při seřizování. Hlavní výhodou systému Luch do budoucnosti je možnost zkombinování měření s důležitými údaji z řídicích jednotek elektrického systému podvozku. K tomuto účelu je do celkového systému

zapojen diagnostický modul umožňující např. začlenění údajů týkající se aktivního řízení.



Obr. 16: Rozmístění měřících značek na vozidle před zahájením měření
(Zdroj: <http://www.bosch.cz>)

Další bezdotykový měřicí systém je společným projektem firem ATT a NUSSBAUM (obr. 17).



Obr. 17: Bezdotykový systém CURA R 2000 (WAB 02 CCT)
(zdroj: <http://www.nussbaum-lifts.de>)

Systém byl vyvinut firmou Siemens a je používán např. automobilkou Porsche na konci výrobní linky pro kontrolu geometrie nových automobilů. ATT s NUSSBAUM ho upravily pro použití v servisech. Na trh ho dodává každá z firem zvlášť pod svým vlastním označením. Firma ATT pod označením CURA R 2000 a NUSSBAUM pak pod jménem WAB 02 CCT. Toto zařízení se skládá z nůžkového zvedáku a z dvou lineárně se pohybujících robotů po stranách. Uvnitř robotů se nachází vysílací a snímací zařízení systému CCT (Colour Coded Triangulation) neboli barevně kódované vyměřování (obr. 18). Tato metoda byla původně vyvinuta pro účely rozpoznávání obličejů v lékařství. Na měřená kola vozu se promítají barevné rovnoběžné paprsky a v závislosti postavení kola se buďto sbíhají nebo rozbíhají. Kamera umístěná v určitém úhlu snímá osvětlený povrch a počítač vykreslí trojrozměrný obraz, díky kterému lze přesně změřit požadované geometrické odchylky kola. Zvedák je vybaven na každé straně čidly výšky a v případě nesouměrnosti sám výšku upraví, tímto je zaručeno přesné měření i při zvednutém vozidle (při nastavování správných parametrů). Výhodou této metody je, že se nemusí na vozidlo rozmísťovat žádné měřicí značky ani připevňovat měřicí hlavy na kola. Proto je tento systém plně bezkontaktní. Mechanik musí pouze najet autem na zvedák a otočit koly do rejdu, o ostatní se už automaticky postará systém.



Obr. 18: CCT vyměřování (metoda barevných proužků)

(zdroj: <http://www.nussbaum-lifts.de>)

4 DYNAMICKÉ MĚŘENÍ GEOMETRIE KOL

Jedná se o měření geometrie náprav vozidla za jízdy. Jelikož na vozidlo působí při jízdě více vlivů, jako je například odstředivá síla při průjezdu zatáčkou, dynamické síly při zrychlení či zpomalení, deformace náprav od zatížení a jiné, jsou osy náprav různě pružně deformovány.

Konstrukce upevnění rámu nesoucí měřicí zařízení jsou složité a specializuje se na ně německá firma Driveability Testing Alliance.

4.1 Driveability Testing Alliance

Corrsys-Datron, DEWETRON, GeneSys, Kistler a TÜV SÜD Automotive se společně dohodly a založily společenství, kterému daly název Driveability Testing Alliance (DTA). DTA je světovou jedničkou na trhu zabývajícím se kompletním získáváním a vyhodnocováním měření jízdních vlastností osobních i nákladních vozů.

Společnost DEWETRON se v DTA specializuje na synchronizaci naměřených dat z různých zdrojů a senzorů. Snímané chyby, různé šířky pásma signál, či skoky signálu jsou opraveny v reálném čase pomocí technologie Sync- Clock. Tato funkce je základ pro vysoce přesné měření jízdních vlastností vozidla. Firma Corrsys-Datron dodává pro DTA veškeré senzory pro dynamické testování vozidel, mezi které patří: optická čidla pro měření vzdálenosti a rychlosti, mikrovlnné senzory, vektorové snímače kol, snímače pro měření průtoku paliva a jiné. Třetí společností je Kistler dodávající A/D převodníky naměřeného signálu do PC. Další společností je TÜV SÜD Automotive, která je neutrálním partnerem pro zákazníky. Zabývá se vývojem a analýzou systému podvozku a poskytuje training program. Poslední firmou je GeneSys, která pro DTA poskytuje kompletní systém snímání polohy vozidla pomocí GPS.



Obr. 19: Kompletní konstrukce měřicího zařízení od společnosti DTA

(Zdroj: <http://driveability-testing-alliance.com>)



Obr. 20: Detail konstrukce s použitým vektorovým senzorem RV4

(Zdroj: <http://driveability-testing-alliance.com>)

4.2 Návrh konstrukce měřicího zařízení pro účely KVM

4.2.1 Volba měřicího zařízení

Pro snímání polohy kol přední nápravy byly zvoleny laserové snímače vzdálenosti od firmy SICK (obr. 21), s přesným typovým označením OD2-P120W60I0. Pro každé kolo tři, což plně dostačuje pro stanovení prostorového natočení kola. Snímač vysílá laserový paprsek na rovnou hladkou desku připevněnou k ráfku kola a pomocí doby odrazu vyhodnocuje jeho aktuální vzdálenost, kterou lze pomocí připojeného počítače ihned zobrazit na monitoru, či ukládat naměřené hodnoty. Tento typ laserového snímače vzdálenosti měří s přesností $\pm 300 \mu\text{m}$. Lze s ním pracovat v teplotách od -10 do $+40^\circ\text{C}$. Laserový snímač vzdálenosti má rozměry $60 \times 50 \times 20 \text{ mm}$ a pro upevnění jsou v něm dva otvory o průměru $4,5 \text{ mm}$. Hmotnost bez kabelu je 70g . Měřicí rozsah je od 60mm do 180mm .



Obr. 21: Laserový snímač vzdálenosti od firmy SICK

(Zdroj: <https://mysick.com>)

Parametry:

Rozměry..... $60 \times 50 \times 20 \text{ mm}$

Měřicí vzdálenost..... $60\text{--}180 \text{ mm}$

Rozlišení..... $30 \mu\text{m}$

Minimální odezva..... 1 ms

Měřicí frekvence a výstupní rychlost.... 2 kHz

Vysílač světla.....	červená laserová dioda třídy 2
Šířka a délka paprsku.....	1 mm x 1,5 m
Přesnost.....	$\pm 300 \mu\text{m}$
Napájecí napětí.....	DC 12...24 V
Doba zahřívání.....	pod 5 minut
Hmotnost bez kabelu.....	70 g
Typ připojení.....	konektor M12, 8-polový
Operační teplota.....	-10...+40 °C
Odolnost proti nárazům.....	50 G

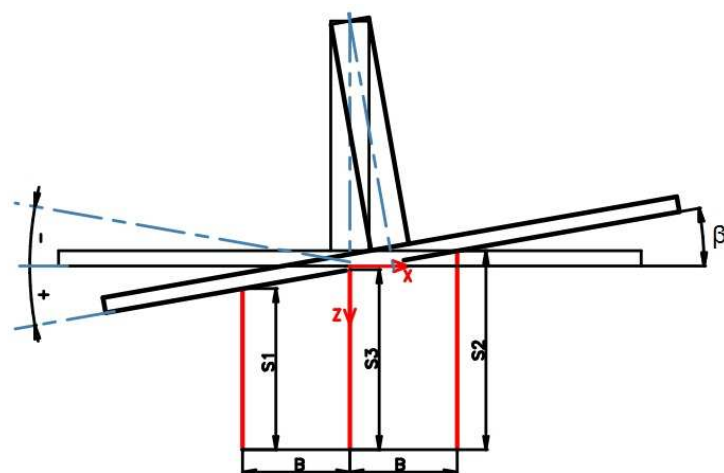
4.2.2 Výpočet natočení kola

Pomocí třech současně snímaných vzdáleností S_1 , S_2 a S_3 na jednom kole vozidla, lze pomocí matematických vztahů (1) a (2) určit natočení kola kolem osy y a x .



Obr. 22: Výpočtové osy kola (Zdroj: Jan Pelda)

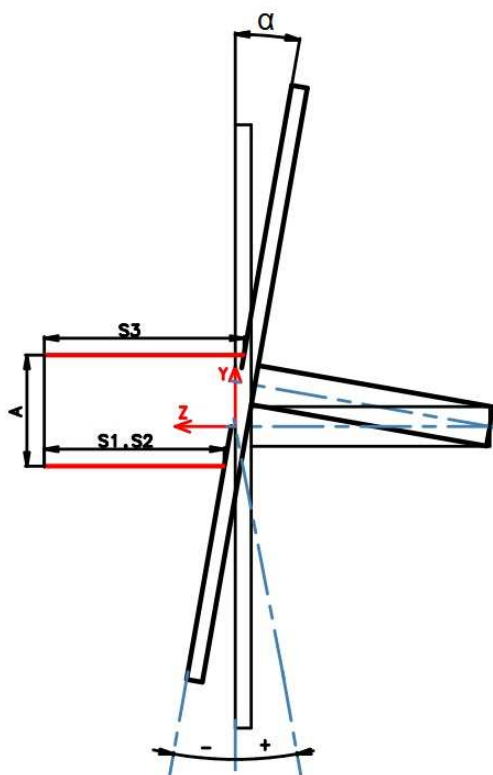
Vzdálenost rozmístění senzorů od sebe A a B byla zvolena na 70 mm. Vzdálenost senzoru od měřicí desky při nulovém úhlu β zvolena na 120mm. Všechny tři senzory byly posunuty pod osu x měřicí desky o 25 mm. Tyto hodnoty byly spočítány a zvoleny z důvodů, aby laserový paprsek nepřesáhl mimo rozměr kruhové měřicí desky, při krajních polohách natočení volantu a zároveň při propružení tlumičů. Průměr měřicí desky je limitován velikostí ráfku kola, v tomto případě je počítáno s 15'' (380mm).



Obr. 23: Zjednodušený pohled na měřicí desku na pravém kole ze shora (půdorys). Rovina X-Z

(Zdroj: Jan Pelda)

$$\tan \beta = \frac{S_2 - S_1}{2B} \Rightarrow \beta = \arctan \left(\frac{S_2 - S_1}{2B} \right) \quad (1)$$



Obr. 24: Zjednodušený pohled na měřicí desku na pravém kole zepředu (pravý bokorys). Rovina Y-Z

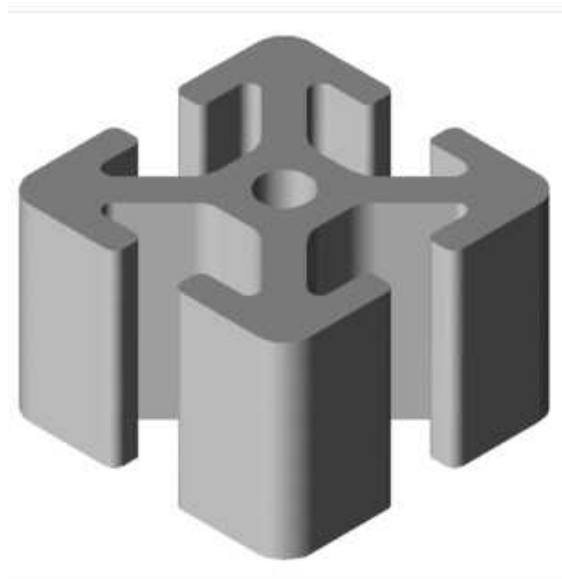
(Zdroj: Jan Pelda)

$$\tan \alpha = \frac{\frac{S_1 + S_2}{2} - S_3}{B} \Rightarrow \alpha = \arctan \left(\frac{\frac{S_1 + S_2}{2} - S_3}{B} \right) \quad (2)$$

Přesnost měření úhlu je závislá na více vlivech. Na přesnosti měřicích senzorů, na tuhosti celkové konstrukce a na přesném nastavení roztečí. Pokud by byla konstrukce absolutně tuhá a vše by bylo přesně sestaveno, tak by byla přesnost naměřeného úhlu v takto nastavené soustavě kolem $\pm 0,4^\circ$. Vlivem nepřesného sestavení ostatních dílů konstrukce se může přesnost ještě zhoršit.

4.2.3 Konstrukce nosného rámu pro měřicí zařízení

Jako dodavatelem profilů a spojovacích prvků byla vybrána firma ITEM, která vyrábí kompletní stavebnicový systém založený na hliníkových profilech. Hlavní předností jsou vysoká pevnost spojů a možnost různých sestavení a případné celé rozebrání konstrukce. Díky různým systémům spojování (drážka-pero, šroub-zavit) lze profily pospojovat do požadovaného konstrukčního tvaru a připevnit k nim jakékoliv jiné věci. S ohledem na hmotnost celé konstrukce a dostatečnou tuhost byl vybrán čtvercový profil 6 – obrázek 25. Na nosnou část a boky velikosti 30x30 mm a na posuvné příčky nesoucí měřicí senzory 20x20mm.

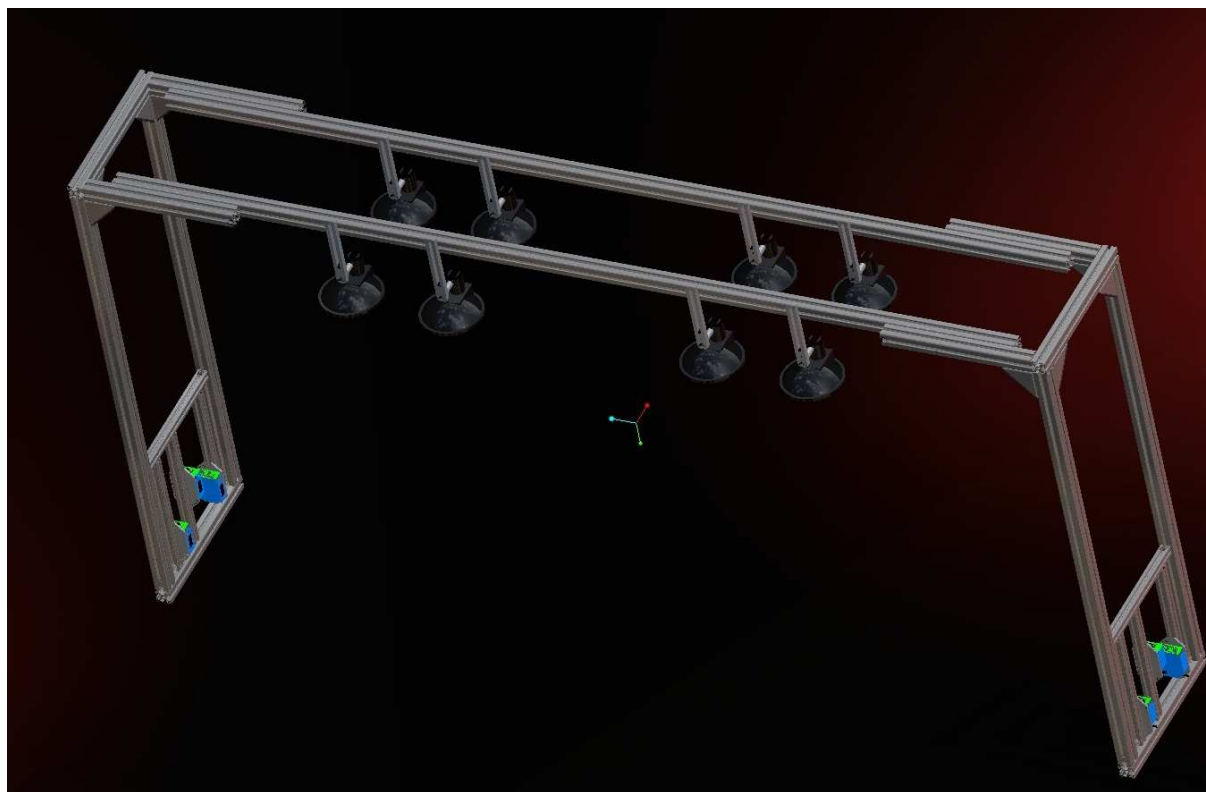


Obr. 25: Čtvercový profil 6 od firmy ITEM

(zdroj: <http://www.item24.com>)

Mezi nejdůležitější parametry v návrhu konstrukce rámu pro měřicí zařízení patří hlavně možnost rozsahu nastavení upevnění pro různé typy osobních automobilů.

Tvar konstrukce i s měřicími senzory a přísavkami lze vidět na obrázku 26. Z důvodu větší celkové tuhosti soustavy byly použity dva nosné profily 30x30mm o délce 1800mm. Celková váha konstrukce je 21,5 kg. Výkresová dokumentace sestavy je přiložena pod názvem KVM-BP-211-00.



Obr. 26 Celkový tvar konstrukce

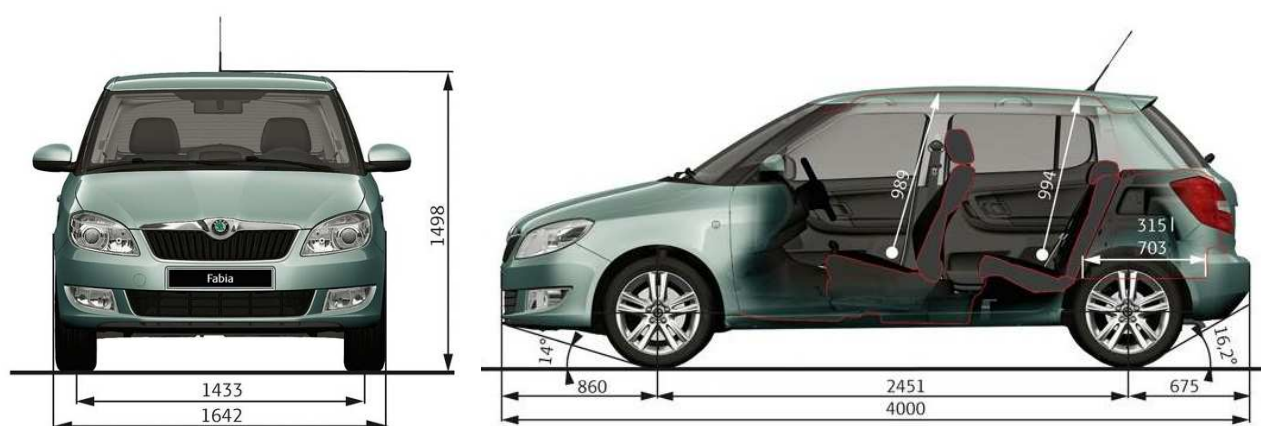
(Zdroj: program Pro-Engineer Wildfire 4)

4.2.4 Maximální rozsahy připevnění

Při zachování optimální zvolené vzdálenosti měřicího senzoru od desky upevněné na kole na 120 mm je možné měřit vozy se vzdáleností mezi pravým a levým kolem na přední nápravě (s měřicími deskami) od 1550mm do 1910mm. Výškové nastavení vzdálenosti od kapoty ke středu kol lze měnit v rozsahu 460-660 mm. Tyto parametry postačí pro veškeré vyráběné typy vozidel od společnosti ŠKODA AUTO a.s. a většinu ostatních osobních vozidel. Pro případné jiné rozměry lze snadno konstrukci výměnou jakéhokoliv dílu zvětšit či zmenšit.

4.2.5 Rozměry vozidla Škoda Fabia

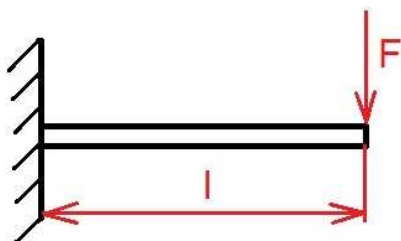
Momentálně je na katedře motorů a vozidel pro výzkumné a testovací činnosti k dispozici auto značky Škoda Fabia druhé generace. Díky tomuto faktu předpokládám, že se bude testovat konstrukce s měřícím mechanismem na tomto voze. Důležité parametry tohoto vozu jsou: zdvih nápravy nahoru - 107mm a zdvih nápravy dolů – 51mm, proto musíme s těmito parametry počítat při rozmístění senzorů před měřicí deskou. Dále použité pneumatiky- 195/55 R15, pomocí kterých si můžeme dopočítat vzdálenost středů kol od země. Ostatní rozměry vozu jsou znázorněny na obrázku 27.



Obr. 27: Hlavní rozměry automobilu Škoda Fabia II (Zdroj: <http://www.skoda-auto.cz>)

4.2.6 Výpočet ohybu hlavních nosných profilů

Vzhledem k použití 4 přísavek na jeden nosný profil, lze průhyb mezi přísavkami zanedbat. Proto bereme tuto výpočtovou situaci jako vetknutý nosník (obr. 28), kde délka nosníku je vzdálenost od poslední přísavky ke konci nosného profilu (l).



Obr. 28: Vetknutý nosník zatížený silou F
(Zdroj: Jan Pelda)

Díky osové symetrii celé konstrukce stačí spočítat ohyb profilu (od zatížení boční vahou konstrukce) na jedné straně. Celková hmotnost konstrukce je 21,5kg, od

ní odečteme hmotnost přísavek s držáky (5,2kg), hmotnost hlavních nosných profilů (4,5kg) a vydělíme 2. Výsledek je zatěžující hmotnost boční konstrukce o velikosti 5,9kg, ale jelikož máme dva stejné profily nesoucí tuto váhu, musíme toho číslo ještě podělit 2, abychom dostali zatěžující váhu jedné boční strany na jeden nosník (tedy $m=2,95\text{kg}$). Po připočítání váhy kabelů od senzorů, můžeme hmotnost zaokrouhlit na $m=3\text{kg}$.

Parametry profilu 6 30x30mm od firmy ITEM:

Hmotnost profilu na metr délky: $m_x=1,26 \text{ kg/m}$

Kvadratický moment průřezu: $J= 41\,500 \text{ mm}^4$

Modul pružnosti v tahu: $E=70\,000 \text{ N/mm}^2$

Další veličiny:

Gravitační zrychlení: $g=9,81\text{m/s}^2$

Hmotnost boční konstrukce pro jeden nosník: $m=3\text{kg}$

Vzdálenost od poslední přísavky ke konci profilu: $l=440\text{mm}$

Výpočet ohybu nosíku při statickém zatížení (vlastní vahou):

Výpočet zatěžovací síly F :

$$F = m \cdot g = 3 \cdot 9,81 = \mathbf{29,43} \quad [\text{N}] \quad (3)$$

Ohyb nosíku:

$$y = \frac{F \cdot l^3}{3E \cdot J} = \frac{29,43 \cdot 440^3}{3 \cdot 70000 \cdot 41500} = \mathbf{0,2877} \quad [\text{mm}] \quad (4)$$

Výpočet ohybu nosíky při dynamickém zatížení (za jízdy):

Za jízdy se hmotnost zatěžující nosník může měnit hlavně důsledkem přejedení nerovností a odstředivých sil. Pro zjednodušení výpočtu hmotnost zvolíme na dvojnásobnou hodnotu od statické. Tedy na $m=6\text{kg}$ a použijeme stejné rovnice (3) a (4).

Výpočet zatěžovací síly F :

$$F = m \cdot g = 6 \cdot 9,81 = \mathbf{58,86} \quad [\text{N}] \quad (5)$$

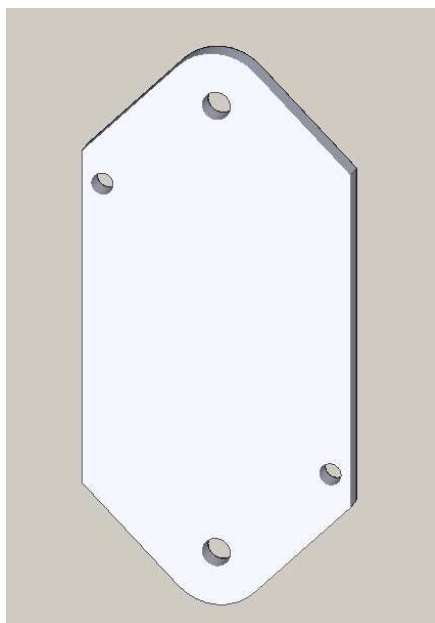
Ohyb nosníku:

$$y = \frac{F \cdot l^3}{3E \cdot J} = \frac{58,86 \cdot 440^3}{3 \cdot 70000 \cdot 41500} = 0,5753 \text{ [mm]} \quad (6)$$

Vypočítaný maximální ohyb při jízdě je tedy po zaokrouhlení $y=0,58$ mm, lze tedy konstatovat, že pokud by tento průhyb negativně ovlivňoval měření na základě praktických zkoušek, tak lze snadno zvýšit tuhost konstrukce výměnou hlavního nosného profilu za jiný tužší (větší) profil. Toto je hlavní výhoda konstrukce z hliníkových profilů.

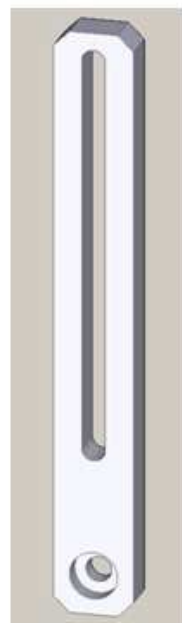
4.2.7 Vyráběné díly

V celé sestavě jsou pouze dva typy dílů mimo použitých dílů ze stavebnicového systému od firmy ITEM, které je potřeba vyrobit. A to 6x držák senzoru (obr. 29), který se vyřízne laserem z plechu o tloušťce 4mm. Přesný tvar a pozice otvorů lze vidět na přiloženém výkresu KVM-BP-211-02. Druhý vyráběný díl je držák přísavky (obr. 30), pomocí kterého se přísavky upevňují k nosnému rámu. Držák má vnitřní drážku pro šroub o délce 100mm, která slouží k nastavení různé výšky upevnění přísavky. Toto nastavení je důležité, protože kapota vozidla není rovná a má zaoblený povrch, který se od středu vozidla ke kolům snižuje. V sestavě jich je celkově 8 a lze je také vyrobit řezáním pomocí laseru z plechu o tloušťce 10mm. Ostatní rozměry jsou na výkrese KVM-BP-211-01. Materiál pro oba díly byl vybrán 11 500, který pro tyto účely plně dostačuje.



Obr. 29: Držák senzorů

(Zdroj: Jan Pelda - VariCad 2005)

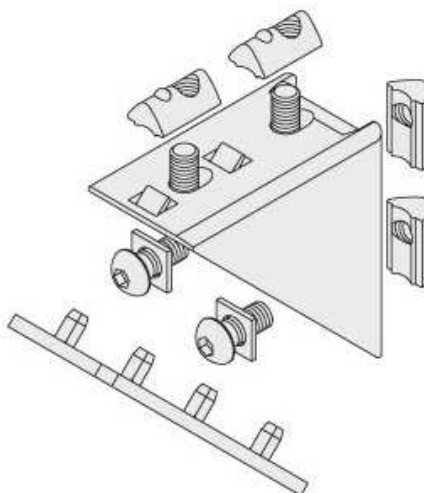
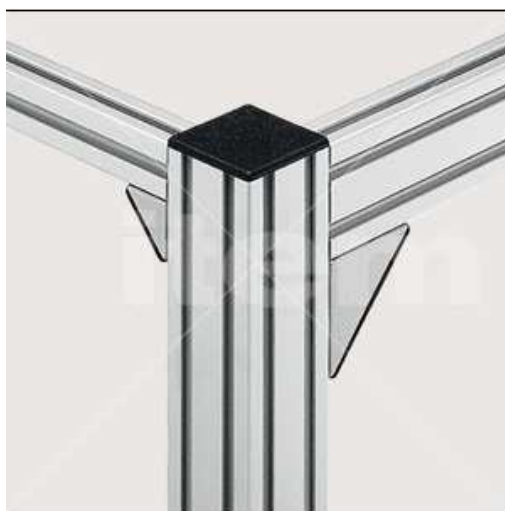


Obr. 30: Držák přísavek

(Zdroj: Jan Pelda - VariCad 2005)

4.2.8 Použité spojovací díly

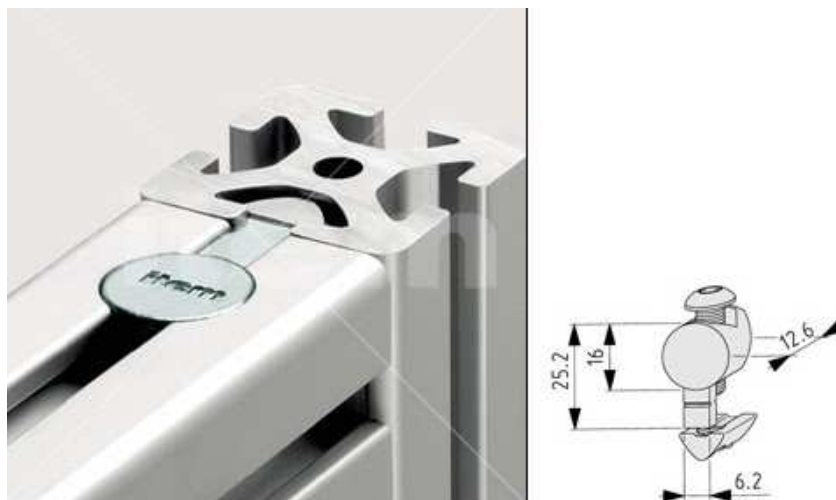
V konstrukci byly použity dva typy spojovacích členů, oba vybrané z katalogu firmy ITEM. Rohový set 60x60mm (obr. 31) pro spojení hlavních nosných profilů s boční konstrukcí. Vyniká svojí pevností a tuhostí a zaručí tak přesné kolmé spojení.



Obr. 31: Vzhled spojení a součástky rohového setu 60x60 (Zdroj: katalog ITEM)

Druhý spojovací člen byl vybrán válečkový set (obr. 32). Není tak pevný jako rohový, ale za to velmi skladný a nevadí v prostoru ostatním součástkám. Pro kolmé

spojení nepříliš namáhaných profilů je plně dostačující a pro zaručení kolmosti lze použít vodováhy, nebo úhloměru. Velikost setu s válečkem se určuje podle velikostí spojovaných profilů a lze s ním spojit i různě velké profily. Jedinou nevýhodou tohoto upevnění je, že se musí navrtat jedna strana profilu pro vložení válečku.



Obr. 32: Vzhled spojení a součástky válečkové sady pro profil 6 (Zdroj: katalog ITEM)

4.2.9 Volba přísavek

Vzhledem k malému výběru ručně ovládaných přísavek byly vybrány přísavky od německé firmy Veribor (obr. 33). Rozměr přísavného talíře je 120mm a maximální nosnost 15kg. Přísavka je upevněna na kloubu, takže lze dobře nastavit její polohu na kapotě vozidla. Přísavek bylo použito celkem 8.



Obr. 33: Přísavka od firmy Veribor

(Zdroj: <http://www.esska.de>)

5 ZÁVĚR

V úvodu práce je rozebrána základní geometrie kol. Přesněji jde o sbíhavost kol, odklon kola, záklon a příklon rejdového čepu. Dále je zde vysvětleno, jak se měří (vypočítají) a v jakém rozmezí se pohybuje jejich hodnota. Dále se práce rozděluje na dvě části.

V první části, nazvané Statické měření geometrie kol, jsou rozebrány způsoby měření geometrie podvozku, používané v autorizovaných servisech a stanicích technické kontroly. Od nejstarších mechanických měřidel, přes optické a elektronické, až k bezdotykovým nejmodernějším měřidlům. Název statické měření bylo zvoleno z důvodu, že se automobil při tomto měření zpravidla nepohybuje.

V druhé části, nazvané Dynamické měření geometrie kol, je nejprve popsán způsob měření pomocí konstrukce s různými typy senzorů od německého sdružení společností, které si říká Driveability Testing Alliance. Jejich dynamické měření se provádí za jízdy vozidla na zvolené trase a dá se měřit natočení kol i natočení volantu, účinnost brzdového systému, zrychlení (zpomalení) vozidla, náklon vozidla v zatáčce a jiné veličiny. Dále sem patří hlavní bod této bakalářské práce a to návrh konstrukce pro výzkumné a testovací účely KVM. Zde je kompletně rozebrán tvar celé konstrukce, volba profilů, přísavek, měřících senzorů. Výpočet natočení kol ze snímaných vzdáleností od senzorů a výpočet průhybu hlavních nosných profilů. K této práci jsou přiloženy 3 výkresy, celé sestavy a výrobní výkres držáku přísavky a senzorů. Konstrukce rámu se nechá použít jako základna pro připevnění dalších senzorů, měřících například vzdálenost konstrukce od země, pro měření náklonu vozidla. Pro porovnání natočení kol s natočením volantu lze použít senzor měření úhlu a rychlosti natočení volantu.

Seznam použité literatury

1. František Vlk: Zkoušení a diagnostika motorových vozidel, 1.vydání, Brno 2001
2. Prof. Ing. Stanislav Beroun a Ing. Celestýn Scholz, Ph.D. :Základy teorie vozidel a pístových spalovacích motorů, 2. vydání, Liberec 2001
3. Pavel Vávra a kolektiv: Strojnické tabulky, Praha 1983
4. Katalog firmy ITEM, Solingen 2007